

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2785442号

(45) 発行日 平成10年(1998) 8月13日

(24) 登録日 平成10年(1998) 5月29日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

C 2 3 C 16/50

C 2 3 C 16/50

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

請求項の数4 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平2-123200

(22) 出願日 平成2年(1990) 5月15日

(65) 公開番号 特開平4-21781

(43) 公開日 平成4年(1992) 1月24日

審査請求日 平成7年(1995)12月5日

(73) 特許権者 999999999

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目5番1号

(72) 発明者 村田 正義

長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

(72) 発明者 竹内 良昭

長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

(72) 発明者 児玉 克

長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外3名)

審査官 瀬良 聡機

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマCVD装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反応容器と、この反応容器内に反応ガスを導入し、排出する手段と、上記反応容器内に収容された放電用電極と、この放電用電極にグロー放電用電力を供給する電源とを有し、反応容器内に設置された基板表面に非晶質薄膜を形成するプラズマCVD装置において、上記放電用電極を1本の線材をU字状に交互に折り曲げた平面形コイルで形成し、上記放電用電極をなす平面形コイルの両端に電力を印加する手段を設け、上記基板を上記放電用電極と平行に支持したことを特徴とするプラズマCVD装置。

【請求項2】 上記平面形コイルの隣接する線材間の間隔が50mm以下であることを特徴とする請求項1記載のプラズマCVD装置。

【請求項3】 上記平面形コイルの長さをL、電源周波数

2

を $\lambda$ としたとき、 $L < (\lambda/4)$ であることを特徴とする請求項1記載のプラズマCVD装置。

【請求項4】 電界と直交する方向に磁界が印加されることを特徴とする請求項1乃至3いずれか記載のプラズマCVD装置。

【発明の詳細な説明】

〔産業上の利用分野〕

本発明はアモルファスシリコン太陽電池、薄膜半導体、光センサ、半導体保護膜など各種電子デバイスに使用される大面積薄膜の製造に適したプラズマCVD装置に関する。

〔従来の技術〕

大面積のアモルファスシリコン薄膜を製造するために、従来より用いられているプラズマCVD装置の構成を第7図を参照して説明する。この技術的手段は例えば特

願昭61-106314号などに開示されているように公知である。

反応容器1内には、グロー放電プラズマを発生させるための電極2、3が平行に配置されている。これら電極2、3には、低周波電源4から例えば60Hzの商用周波数の電力が供給される。なお、電源としては、直流電源や高周波電源を用いることもできる。反応容器1の周囲には、これを囲むようにコイル5が巻かれており、交流電源6から交流電力が供給される。反応容器1内には、図示しないボンベから反応ガス導入管7を通して例えばモノシランとアルゴンとの混合ガスが供給される。反応容器1内のガスは排気管8を通して真空ポンプ9により排気される。基板10は、電極2、3が形成する放電空間の外側に、電極2、3の面と直交するように適宜の手段で支持される。

この装置を用い、以下のようにして薄膜を製造する。真空ポンプ9を駆動して反応容器1内を排気する。反応ガス導入管7を通して例えばモノシランとアルゴンとの混合ガスを供給し、反応容器1内の圧力を0.05~0.5 Torrに保ち、低周波電源4から電極2、3に電圧を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。コイル5に例えば100Hzの交流電圧を印加し、電極2、3間に発生する電界Eと直交する方向に磁界Bを発生させる。この磁界における磁束密度は10ガウス程度でよい。

反応ガス導入管7から供給されたガスのうちモノシランガスは電極2、3間に生じるグロー放電プラズマによって分解される。この結果、ラジカルSiが発生し、基板10表面に付着して薄膜を形成する。

アルゴンイオンなどの荷電粒子は、電極2、3間で電界Eによるクーロン力 $F_1 = qE$ と、ローレンツ力 $F_2 = q(V \times B)$ （ここで、Vは荷電粒子の速度）とによっていわゆるE・Bドリフト運動を起こす。荷電粒子は、E・Bドリフトにより初速を与えられた状態で、電極2、3と直交する方向に飛びだし、基板10に向けて飛んでいく。しかし、電極2、3間に生じる電界の影響が小さい放電空間では、コイル5により生じた電界Bによるサイクロトロン運動により、Larmor軌道に描いて飛んでいく。したがって、アルゴンイオンなどの荷電粒子が基板10を直撃することは少ない。

電氣的に中性であるラジカルSiは、磁界Bの影響を受けず、上記荷電粒子群の軌道からそれて基板10に至り、その表面に非晶質薄膜を形成する。ラジカルSiはLarmor軌道を飛んでいく荷電粒子と衝突するため、電極2、3の前方だけでなく、左又は右に広がった形で非晶質薄膜が形成される。しかも、磁界Bを交流電源6により変動させているので、基板10の表面に非晶質薄膜を均一に形成することが可能となる。なお、電極2、3の長さは、反応容器1の長さの許すかぎり長くしても何ら問題がないので、基板10が長尺のものであっても、その表面に均一な非晶質薄膜を形成することが可能となる。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記の従来の装置では、グロー放電プラズマを発生させる電極間の放電電界Eと直交する方向に磁界Bを発生させることにより、大面積の成膜を容易に可能としている。しかし、次のような問題がある。

①大面積の成膜を行う場合、電極として長尺のものを用いる必要がある。長尺の電極を用いて安定したプラズマを発生させるには、その電源の周波数は可能なかぎり低いほうが容易であるため、数10Hz~数100Hzの電源が用いられている。しかし、周波数が低くなり、半周期の間のイオン移動距離が電極間隔を越えるような条件の下では、直流放電の場合と同様に、プラズマを維持するために、イオン衝突によって陰極より放出された二次電子が本質的な役割を担うことになる。そのため電極に膜が付着して絶縁されると、その部分では放電が起らないようになる。この場合、電極表面を常にクリーンに保つ必要がある。そのため、電極を頻繁に交換したり頻繁に清掃するなどの煩雑な作業が必要となり、コスト高の要因の一つとなっている。

②上記①の欠点を補うために、プラズマ発生源に例えば13.56MHzの高周波電源を用いると、放電維持に対する電極放出二次電子は本質的なものでなくなり、電極上に膜などの絶縁物が存在していても、電極間にはグロー放電が形成される。しかしながら、長尺の電極を用いる場合には、高周波による表皮効果により電流の大部分が表面（約0.01mm）を流れるため、電気抵抗が増加する。例えば、電極の長さが約1m以上になると、電極上に電位分布が現れて一様なプラズマが発生しなくなる。これを分布定数回路で考えると、第8図に示すようになる。第8図において、xは電極の長さ方向の距離を示している。すなわち、電極の単位長さ当りの抵抗Rが放電部分のインピーダンス $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ に比べて無視できないほど大きくなってくると、電極内に電位分布が現れる。したがって、高周波電源を用いる場合には、大面積の成膜を行うことは非常に困難であり、実際上これまでは実現できなかった。

③上記①、②の方法では、50cm×50cm以上の大面積のアモルファスシリコン薄膜を製造する際、膜厚分布を±10%以下に維持し、かつ成膜速度を1 Å/sec以上に保つことは非常に困難であった。

〔課題を解決するための手段〕

本発明のプラズマCVD装置は、反応容器と、この反応容器内に反応ガスを導入し、排出する手段と、上記反応容器内に収容された放電用電極と、この放電用電極にグロー放電用電力を供給する電源とを有し、反応容器内に設置された基板表面に非晶質薄膜を形成するプラズマCVD装置において、上記放電用電極を1本の線材をU字状に交互に折り曲げた平面形コイルで形成し、上記放電用電極をなす平面形コイルの両端に電力を印加する手段を設け、上記基板を上記放電用電極と平行に支持したこと

を特徴とするものである。

本発明において、放電用電極にグロー放電用電力を供給する電源としては、例えば13.56MHzの高周波電源を用いることが好ましい。

本発明において、ジグザグ状の平面形コイル電極の隣接する線材間の間隔を50mm以下であることが好ましい。この間隔が50mmを超えると、基板表面に成膜されるアモルファスシリコンの膜厚分布が±30%以上となるので、好ましくない。

本発明においては、電源とジグザグ状の平面形コイル電極との間に、コイルとコンデンサから構成されるインピーダンスマッチング回路を設置し、電極にプラズマ発生のための電力を供給することが好ましい。

本発明においては、放電用電極の周囲を囲み、電極間に発生した電界Eと直交する方向に磁界Bを発生させるコイルと、このコイルに磁界B発生用の電流を供給する電源とを設置し、磁界によりプラズマを揺動させることが好ましい。ただし、必ずしも磁界によりプラズマを揺動させる必要はない。

#### 〔作用〕

本発明においては、プラズマ発生用の電極として、従来の複数平行平板電極に代えて、1本の線材をU字状に交互に折り曲げたジグザグ状の平面形コイル電極を反応容器内に設置したことにより、電極まわりの電界が強くなり、かつその強度分布が平坦となる。例えば、反応ガスとしてSiH<sub>4</sub>を用いた場合、SiH<sub>4</sub>発光強度分布（波長414nmの発光）は一樣な強さとなる。このため、基板表面に成膜されるアモルファスシリコンはほぼ均一な膜厚分布を持ち、かつ高速成膜が可能になる。したがって、本発明のプラズマCVD装置は、大面積の非晶質薄膜の製造に適している。本発明におけるジグザグ状の平面形コイル電極は一種のアンテナであるので、その長さlは使用する電源周波数の波長λに対して $l < \lambda/4$ であればよい。

#### 〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

第1図は本発明の一実施例のプラズマCVD装置の構成を示す断面図である。なお、第7図と同一部材には同一番号を付している。反応容器1内には、グロー放電プラズマを発生させるためのジグザグ状平面形コイル電極11が配置されている。このジグザグ状平面形コイル電極11は、第2図及び第3図に示すように、1本の線材をU字状に交互に折り曲げた構造を有している。ジグザグ状平面形コイル電極11の電力供給点11a、11bには、高周波電源14から例えば13.56MHzの周波数の電力がインピーダンスマッチング回路12を介して供給される。反応容器1の周囲には、コイル5が設けられており、交流電源6から交流電力が供給される。なお、この電源は直流電源でもよい。本実施例では、コイル5により50〜120ガウスの磁界が発生される。反応容器1内には、図示しないポン

プから反応ガス導入管7を通して例えばモノシランとアルゴンとの混合ガスが供給される。反応容器1内のガスは排気管8を通して真空ポンプ9により排気される。基板10は、ジグザグ状平面形コイル電極11と平行に設置され、図示しない基板ホルダに支持される。

この装置を用い、以下のようにして薄膜を製造する。真空ポンプ9を駆動して反応容器1内を排気する。反応ガス導入管7を通して例えばモノシランとアルゴンとの混合ガスを100〜200cc/min程度の流量で供給し、反応容器1内の圧力を0.05〜0.5Torrに保ち、高周波電源14からインピーダンスマッチング回路12を介してジグザグ状平面形コイル電極11に電圧を印加すると、電極11の周囲にグロー放電プラズマが発生する。その発光状態を、波長414nm近傍のみの光を通過させる光フィルタを介して観測すると、第5図のように見える。すなわち、電極11と基板10との間でほぼ一樣な発光強度を示す。このことから、基板10表面に付着するアモルファスシリコン薄膜は、その膜厚分布が一樣になることが推測される。

アモルファスシリコン薄膜の膜厚分布は、反応ガスの流量、圧力、SiH<sub>4</sub>濃度、電力などのほか、ジグザグ状平面形コイル電極11の隣接する線材間の距離にも依存する。そこで、下記条件で成膜実験を行った。

基板材料：ガラス、基板面積：50cm×50cm、反応ガスの種類：水素希釈20%SiH<sub>4</sub>、反応ガス流量：100cc/分、反応容器圧力：0.3Torr、高周波電力：150Wにおいて、ジグザグ状平面形コイル電極11の隣接する線材間の距離を5mmから45mmの範囲に設定した。そして、磁界を印加した状態及び印加しない状態で、膜厚の平均値が5000Åの薄膜を成膜した。隣接する線材間の距離と膜厚分布との関係を第6図に示す。

第6図に示されるように、磁界を印加しない場合には、線材間の距離が30mm以下で±20%以下の膜厚分布が得られている。これに対して、正弦波（周波数10Hz）による±80ガウスの交番磁界を印加した場合には、磁界を印加しない場合より膜厚分布が良好である。すなわち、線材間の距離が45mm以下で±20%以下の膜厚分布が得られている。

本実施例では、放電用電極としてジグザグ状平面形コイル電極11を用い、プラズマ発生電源として13.56MHzの高周波電源を用い、かつ電界と直交する方向に磁界を印加することにより、3〜5Å/secという高速の成膜速度で大面積のアモルファスシリコン薄膜を製造することができる。

#### 〔発明の効果〕

以上詳述したように本発明によれば、放電用電極としてジグザグ状平面形コイル電極を用いることにより、電極近傍の電界強度が強くなり、かつ均一になったことから、高速で大面積のアモルファスシリコン薄膜を製造することができる。したがって、アモルファスシリコン太陽電池、薄膜半導体、光センサ、半導体保護膜などの製造分野で工業的価値が大きい。

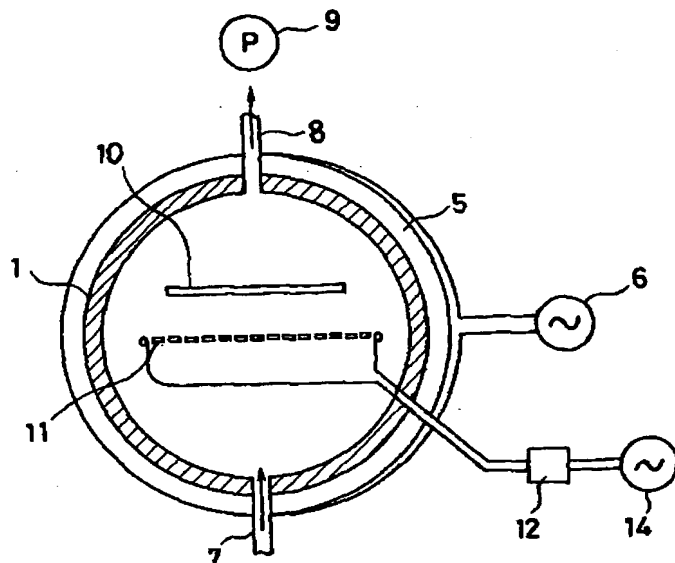
## 【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の実施例におけるプラズマCVD装置の構成を示す断面図、第2図は同プラズマCVD装置に用いられるジグザグ状平面形コイル電極の平面図、第3図は第2図のIII-III線に沿う断面図、第4図は同プラズマCVD装置における電極と基板との配置を示す説明図、第5図は本発明の実施例における電極近傍のSiH発光強度分布を示す説明図、第6図はジグザグ状平面形コイル電極

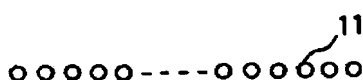
の隣接する線材間隔とアモルファスシリコンの膜厚分布との関係を示す特性図、第7図は従来のプラズマCVD装置の構成を示す断面図、第8図は従来のプラズマCVD装置の欠点を説明する図である。

1……反応容器、5……コイル、6……交流電源、7……反応ガス導入管、8……排気管、9……真空ポンプ、10……基板、11……ジグザグ状平面形コイル電極、12……インピーダンスマッチング回路、14……高周波電源。

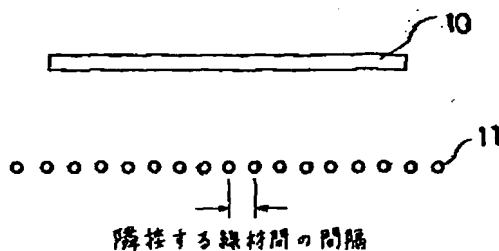
【第1図】



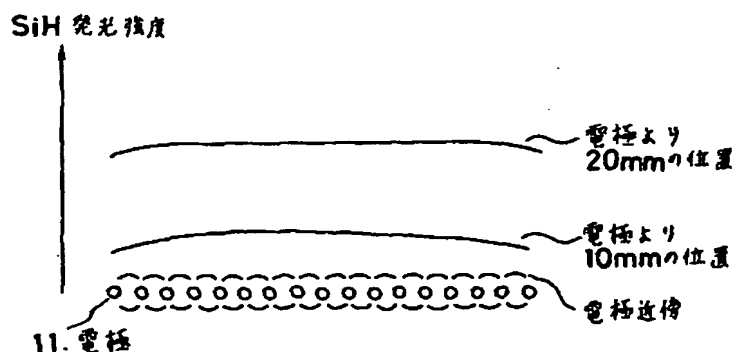
【第3図】



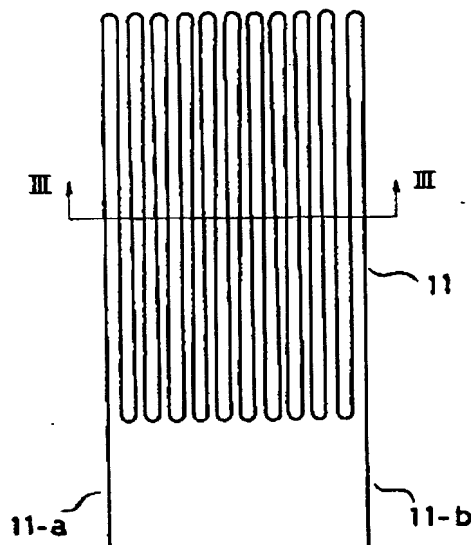
【第4図】



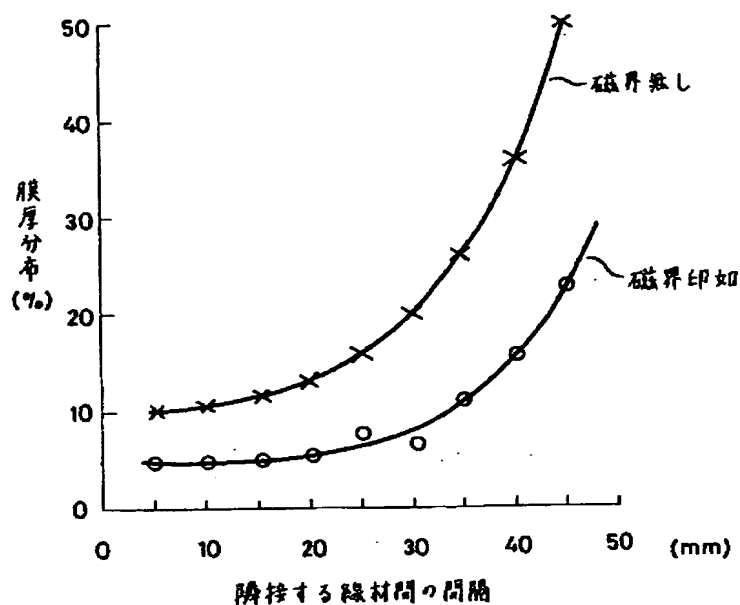
【第5図】



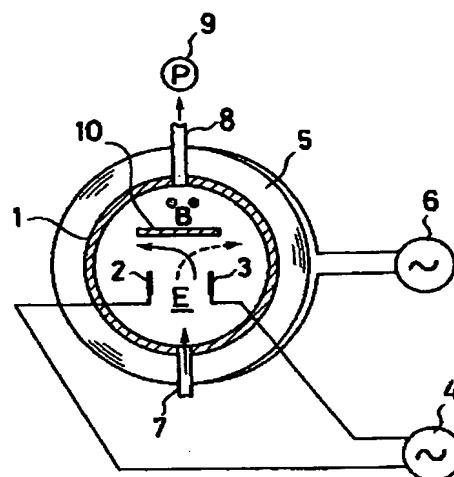
【第2図】



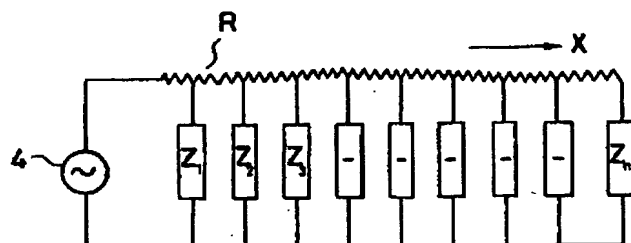
【第6図】



【第7図】



【第8図】



フロントページの続き

(72)発明者 内田 聡  
 長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重  
 工業株式会社長崎造船所内

(72)発明者 浜本 員年  
 長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重  
 工業株式会社長崎造船所内

(56)参考文献 特開 昭62-54082 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>6</sup>, DB名)  
 C23C 16/00 - 16/56  
 H01L 21/205